

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

JPA2000-102036

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2000102036 A

(43) Date of publication of application: 07.04.00

(51) Int. Cl.
H04N 13/00
G06F 3/00
G06F 3/033
G06T 15/00

(21) Application number: 10268638

(22) Date of filing: 22.09.98

(71) Applicant: MR SYSTEM KENKYUSHO:KK

(72) Inventor:
OSHIMA TOSHIICHI
SATO KIYOHIDE

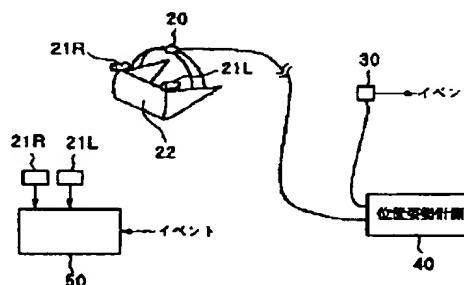
(54) COMPOSITE ACTUAL FEELING PRESENTATION SYSTEM, COMPOSITE ACTUAL FEELING PRESENTATION METHOD, MAN-MACHINE INTERFACE DEVICE AND MAN-MACHINE INTERFACE METHOD

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a composite actual feeling presentation system with less calibration and less position deviation.

SOLUTION: The three-dimensional position of a marker provided on an indicator 30 held by a user is measured corresponding to the coordinate system of a camera by using left and right stereo cameras 21R and 21L provided near the view point position of an observer, that is a head part, and a virtual image is outputted and displayed to an HMD (head mounted display) 22 provided on the head part of the observer so as to view the virtual image at the three-dimensional position.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-102036

(P 2 0 0 0 - 1 0 2 0 3 6 A)

(43) 公開日 平成12年4月7日 (2000. 4. 7)

| (51) Int. Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テーマコード [*] (参考) |
|----------------------------|------|------------|--------------------------|
| H04N 13/00 | | H04N 13/00 | 5B050 |
| G06F 3/00 | 630 | G06F 3/00 | 630 5B087 |
| 3/033 | 310 | 3/033 | 310 Y 5C061 |
| G06T 15/00 | | 15/62 | 360 |

審査請求 未請求 請求項の数24 O L (全13頁)

(21) 出願番号 特願平10-268638

(22) 出願日 平成10年9月22日 (1998. 9. 22)

(71) 出願人 397024225

株式会社エム・アール・システム研究所
神奈川県横浜市西区花咲町6丁目145番地

(72) 発明者 大島 登志一

横浜市西区花咲町6丁目145番地 横浜花
咲ビル 株式会社エム・アール・システム
研究所内

(72) 発明者 佐藤 清秀

横浜市西区花咲町6丁目145番地 横浜花
咲ビル 株式会社エム・アール・システム
研究所内

(74) 代理人 100076428

弁理士 大塚 康德 (外2名)

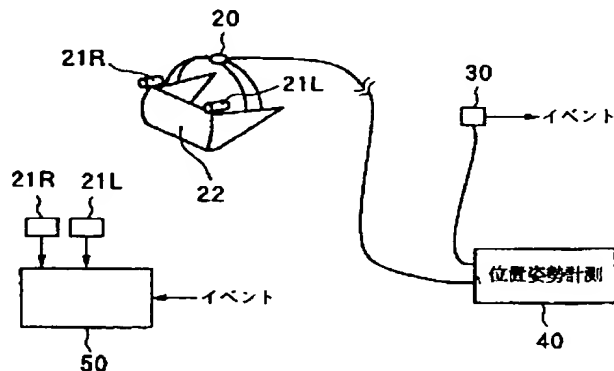
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合現実感提示システム、複合現実感提示方法、マン・マシーンインタフェース装置、およびマン・マシーンインタフェース方法

(57) 【要約】

【課題】 キャリブレーションが少なく、且つ位置ずれも少ない複合現実感提示システムを提案する。

【解決手段】 観察者の視点位置の近傍、即ち頭部に設けられた左右のステレオカメラ (21R, 21L) を用いてユーザが把持する指示器30に設けられたマーカの三次元位置をカメラの座標系に従って計測し、この三次元位置に仮想画像が見えるように、仮想画像を観察者の頭部に設けられたHMD (22) に出力表示する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 仮想空間と現実空間を融合して観察者に提示する複合現実感提示システムであって、観察者の視点位置の近傍に設けられ、仮想画像を提示すべき提示位置の三次元座標値を、この視点位置に関連した座標系に従って検出する第 1 のセンサ手段と、前記観察者の視点位置を基準にして前記センサ手段によって検出された提示位置に、仮想画像を前記観察者に提示する仮想画像提示手段とを具備することを特徴とする複合現実感提示システム。

【請求項 2】 前記第 1 のセンサ手段は前記観察者の頭部位置に設けられた撮像手段を有し、前記仮想画像提示手段は、前記観察者の頭部に装着されるヘッドマウントディスプレイを有することを特徴とする請求項 1 に記載の複合現実感提示システム。

【請求項 3】 前記ヘッドマウントディスプレイはビデオ・シー・スルー型であることを特徴とする請求項 2 に記載の複合現実感提示システム。

【請求項 4】 前記第 1 のセンサ手段は、頭部に装着され左右に離間したステレオカメラと、前記ステレオカメラが出力したステレオ画像データに基づいて、ステレオ視の手法により、前記提示位置の前記ステレオカメラの画像面上での三次元座標値を検出する手段とを具備することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の複合現実感提示システム。

【請求項 5】 更に、前記観察者の視点位置を世界座標系に従って検出する第 2 のセンサ手段を更に具備することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の複合現実感提示システム。

【請求項 6】 前記センサ手段のセンス範囲内におかれ観察者により操作される操作具を有することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の複合現実感提示システム。

【請求項 7】 前記操作具には、前記観察者により操作され、観察者により所定のイベントタイミング信号を出力するスイッチが設けられたことを特徴とする請求項 6 に記載の複合現実感提示システム。

【請求項 8】 前記操作具は、その端部に設けられた少なくとも 1 つのマーカを有することを特徴とする請求項 6 に記載の複合現実感提示システム。

【請求項 9】 前記マーカは 1 つ設けられ、前記センサ手段は前記提示位置の三次元座標位置を出力することを特徴とする請求項 8 に記載の複合現実感提示システム。

【請求項 10】 前記マーカは 2 つ設けられ、前記センサ手段は前記提示位置の三次元座標位置と方向とを出力することを特徴とする請求項 8 に記載の複合現実感提示システム。

【請求項 11】 前記マーカは 3 つ設けられ、前記センサ手段は前記提示位置を通る平面座標を出力することを特徴とする請求項 8 に記載の複合現実感提示システム。

【請求項 12】 前記マーカは、異なる色を付された複数のマーカを有することを特徴とする請求項 8 乃至 11 のいずれかに記載の複合現実感提示システム。

【請求項 13】 前記マーカは、異なる色を付された複数のマーカと同じ色を付された少なくとも 1 つのマーカとを有することを特徴とする請求項 8 乃至 11 のいずれかに記載の複合現実感提示システム。

【請求項 14】 前記マーカは異なる色を発光する発光手段を有することを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれかに記載の複合現実感提示システム。

【請求項 15】 前記センサ手段のセンス範囲内におかれ観察者により操作される複数の操作具を有することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の複合現実感提示システム。

【請求項 16】 前記操作具に、更に位置センサとしての磁気センサが設けられていることを特徴とする請求項 6 乃至 14 のいずれかに記載の複合現実感提示システム。

【請求項 17】 仮想空間と現実空間を融合して観察者に提示する複合現実感提示方法であって、観察者の視点位置の近傍に設けられたセンサを用いて、仮想画像を提示すべき提示位置の三次元座標値を、この視点位置に関連した座標系に従って検出し、前記観察者の視点位置を基準にして前記センサによって検出された提示位置に、仮想画像を前記観察者に提示することを特徴とする複合現実感提示方法。

【請求項 18】 仮想空間と現実空間を融合して観察者に提示するプログラムを記憶するコンピュータ可読記憶媒体であって、観察者の視点位置の近傍に設けられたセンサを用いて、仮想画像を提示すべき提示位置の三次元座標値を、この視点位置に関連した座標系に従って検出するプログラムコードと、前記観察者の視点位置を基準にして前記センサによって検出された提示位置に、仮想画像を前記観察者に提示するプログラムコードとを記憶するコンピュータ可読記憶媒体。

【請求項 19】 ユーザにより操作される操作具を介して仮想画像を提示すべき提示位置を複合現実感提示システムに入力するマン・マシンインタフェースであって、観察者の視点位置の近傍に設けられ、前記操作具を撮像視野内に含む撮像手段と、前記撮像手段が得た画像データに基づいて、前記操作具の所定部位の三次元座標値を、前記観察者の視点位置に関連した座標系に従った三次元座標値に変換する変換手段と、変換された前記所定部位の三次元座標値を、観察者の指示した仮想画像提示位置として、前記複合現実感提示システムに出力する出力手段とを具備することを特徴とするマン・マシンインタフェース装置。

【請求項20】 ユーザにより操作される操作具を介して仮想画像を提示すべき提示位置を複合現実感提示システムに入力するマン・マシンインタフェース方法であって、

観察者の視点位置の近傍に、前記操作具を撮像視野内に含むように撮像手段を配置し、

前記撮像手段が得た画像データに基づいて、前記操作具の所定部位の三次元座標値を、前記観察者の視点位置に関連した座標系に従った三次元座標値に変換し、

変換された前記所定部位の三次元座標値を、観察者の指示した仮想画像提示位置として、前記複合現実感提示システムに出力することを特徴とするマン・マシンインタフェース方法。

【請求項21】 ユーザにより操作される操作具を介して複合現実感提示システムにユーザ指示を入力するマン・マシンインタフェース方法であって、

観察者の視点位置の近傍に設けられ、前記操作具を撮像視野内に含む撮像手段と、

前記撮像手段が得た画像データに基づいて、前記操作具の所定部位の三次元座標値を、前記観察者の視点位置に関連した座標系に従った三次元座標値に変換する変換手段と、

変換された前記所定部位の三次元座標値をユーザ指示入力として、前記複合現実感提示システムに出力する出力手段とを具備することを特徴とするマン・マシンインタフェース装置。

【請求項22】 ユーザにより操作される操作具を介してユーザ指示を複合現実感提示システムに入力するマン・マシンインタフェース方法であって、

観察者の視点位置の近傍に、前記操作具を撮像視野内に含むように撮像手段を配置し、

前記撮像手段が得た画像データに基づいて、前記操作具の所定部位の三次元座標値を、前記観察者の視点位置に関連した座標系に従った三次元座標値に変換し、

変換された前記所定部位の三次元座標値を、ユーザ指示入力として、前記複合現実感提示システムに出力することを特徴とするマン・マシンインタフェース方法。

【請求項23】 観察者の視点位置の近傍に、前記操作具を撮像視野内に含むように撮像手段を配置し、ユーザにより操作される操作具を介して仮想画像を提示すべき提示位置を複合現実感提示システムに入力するマン・マシンインタフェースプログラムを記憶するコンピュータ可読の記録媒体であって、

前記撮像手段が得た画像データに基づいて、前記操作具の所定部位の三次元座標値を、前記観察者の視点位置に関連した座標系に従った三次元座標値に変換するプログラムコードと、

変換された前記所定部位の三次元座標値を、観察者の指示した仮想画像提示位置として、前記複合現実感提示システムに出力するプログラムコードとを記憶することを

特徴とするコンピュータ可読の記録媒体。

【請求項24】 観察者の視点位置の近傍に、前記操作具を撮像視野内に含むように撮像手段を配置し、ユーザにより操作される操作具を介してユーザ指示を複合現実感提示システムに入力するマン・マシンインタフェースプログラムを記憶するコンピュータ可読の記録媒体であって、

前記撮像手段が得た画像データに基づいて、前記操作具の所定部位の三次元座標値を、前記観察者の視点位置に関連した座標系に従った三次元座標値に変換するプログラムコードと、

変換された前記所定部位の三次元座標値を、ユーザ指示入力として、前記複合現実感提示システムに出力するプログラムコードとを記憶することを特徴とするコンピュータ可読の記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えばコンピュータグラフィックスによる仮想画像を現実の空間に融合させて観察者に提示する複合現実感提示システム、その方法、複合現実感提示に用いるマン・マシンインタフェース装置、その方法、さらには、コンピュータ可読の記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、現実空間と仮想空間の繋ぎ目のない(seamless)結合を目的とした複合現実感(以下、「MR」(Mixed Reality)と称す)に関する研究が盛んになっている。MRは、従来、現実空間と切り離された状況でのみ体験可能であったバーチャルリアリティ(以下VRと略す)の世界と現実空間との共存を目的とし、VRを増強する技術として注目されている。

【0003】MRは、現実空間にコンピュータが組み立てた仮想空間を融合するものである。融合は、通常、光学See-Through式HMD(Head Mount Display)あるいはビデオSee-Through式HMDを介して行われる。即ち、光学式See-Through HMDを用いた場合は、直接見通した外界世界とHMD内で眼前に設けられたLCD等に表示されたCGとを透視することにより、現実世界と仮想世界とが融合される。一方、ビデオSee-Through式HMDを用いる場合は、HMDでも受けられたビデオカメラが撮影した画像にCG画像を重ね合わせて観察者に提示することにより、現実世界と仮想世界とが融合される。

【0004】MRの応用に、観察者等が指示した位置を仮想世界の座標系に同定することが必要となる場合がある。例えば、把持した指示器により観察者が指示した位置に例えばCG画像を表示させるためには、その指示位置を基準の座標系で検出する必要がある。実際に指示した位置がシステムが認識した位置と異なっている場合は、提示されるCG画像の表示位置が現実世界と一致しないために、観察者に違和感を与える。

【0005】このために、指示器の位置を精度良く測定することはMR技術において大きな課題である。図1は、複合現実感提示システムにおいて、HMD10を装着したユーザ13が、手に指示器12を把持している様子を示している。この例では、ユーザの頭部位置（即ち、視点位置）はHMD10に設けられた磁気センサ11により測定され、測定された視点位置に基づいて仮想現実感を与えるためのCG画像を生成してHMDに与える。ユーザとMRシステムとのユーザインタフェースは指示器12により行われる。

【0006】図2は磁気センサの測定原理を説明するもので、トランスミッタから電磁界を放射し、頭部に装着された磁気センサ11が電磁界を検出して、頭部（またはHMD）の三次元位置を測定する。磁気センサ11の出力に基づいて三次元位置を測定する場合には、その測定位置は常に世界座標系を基準としたものとなる。一方、指示器12は、図3に示されるように、複数（例えば6つ）のLEDが装着され、この6カ所のLEDから光が発せられる。ユーザは、指示器を把持した状態で、カメラにより撮像されるように位置しながら、所望の位置に指示器の先端を向ける。指示器の三次元位置はカメラにより撮像された画像に基づいて6つのLEDの位置を測定し、測定された6つのLEDが形成する図形の変形に基づいて、指示器先端の世界座標系による三次元座標位置が測定される。この三次元位置が、ユーザが指示した三次元位置としてMRシステムは認識する。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】複合現実感提示システムでは、CGをユーザの視野に提示する視点位置は、上述したように、磁気センサ11からの出力信号に基づいて測定したユーザの頭部位置をユーザの目の位置に変換することにより得ている。この得られた視点位置は世界座標系で表される。

【0008】一方、指示器12の三次元姿勢位置により得られたユーザの指示位置の三次元座標も世界座標系で表される。ここで、磁気センサ11により観測されたユーザの視点位置を基準とするHMDの視界に、指示器12により得られたユーザ指示位置にCG図形（例えば、CGのボタン）を提示する場合を想定すると、そのCG図形は現実と大きくずれた位置に表示あるいは提示されることがある。

【0009】図4及び図5は、頭部磁気センサにより視点位置を認識し、指示器をユーザインタフェースとするMRシステムにおいて、所謂「位置ずれ」が発生する理由を説明する。図4において、前述したように、磁気センサにより認識されるユーザの視点位置（頭部位置）は世界座標系に対して誤差 δ_1 を有する。誤差 δ_1 自体は“0”とすることはできず、小さくするためにはキャリブレーションが必要となる。尚、ユーザの視点位置は頭部位置に比して更に誤差 δ_2 を有するが、この誤差 δ_2 自

体も補正可能なものである。

【0010】また、同じように、指示器12により測定された三次元の指示位置も世界座標系に対して誤差 δ_2 を有するはずである。このために、磁気センサ11により観測されたユーザの視点位置を基準とするHMDの視界に、指示器12により得られたユーザ指示位置にCG図形（例えば、CGのボタン）を提示すると、提示されたCG図形の位置は、ユーザの視点位置に対しては、
$$\delta = \delta_1 + \delta_2 \quad \dots (1)$$

という累積誤差を持つものとして提示されることになる。この誤差の累積が、CG図形の現実世界に対する大きな「位置ずれ」となって現れるのである。

【0011】この問題は、頭部位置の検出に磁気センサを用い、指示位置の測定に画像処理を用いていることによって発生することではなく、逆にして、頭部位置の測定に画像処理を用い、指示位置の測定に磁気センサを用いても、センサ自体に誤差があり、夫々のセンサからの出力に基づく測定結果が異なる座標系に基づく限り、同じように発生することには変わりはない。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明はこのような事態に鑑みてなされたもので、その目的は、キャリブレーションが少なく、且つ位置ずれも少ない複合現実感提示システムを提案するものである。上記課題を達成するための、本発明の請求項1にかかる、仮想空間と現実空間を融合して観察者に提示する複合現実感提示システムは、観察者の視点位置の近傍に設けられ、仮想画像を提示すべき提示位置の三次元座標値を、この視点位置に関連した座標系に従って検出する第1のセンサ手段と、前記観察者の視点位置を基準にして前記センサ手段によって検出された提示位置に、仮想画像を前記観察者に提示する仮想画像提示手段とを具備することを特徴とする。

【0013】このシステムによれば、センサ手段は、観察者の視点位置の近傍に設けられているので、仮想画像を提示すべき提示位置の三次元座標値が、この視点位置に関連した座標系に従って検出されると、その三次元座標値は観察者の視点位置の座標系に略一致したものとなる。このために、仮想画像提示手段が、そのような提示位置に仮想画像を提示しても、換言すれば、世界座標系とのキャリブレーションを行わなくとも、現実空間との位置ずれは実質的に問題とならない程度に抑えられる。

【0014】使用を考慮すれば、前記第1のセンサ手段は前記観察者の頭部位置に設けられることが好ましい。そこで、本発明の好適な一態様である請求項2に拠れば、前記第1のセンサ手段は前記観察者の頭部位置に設けられた撮像手段を有し、前記仮想画像提示手段は、前記観察者の頭部に装着されるヘッドマウントディスプレイを有することを特徴とする。

【0015】本発明の好適な一態様である請求項3に拠れば、前記ヘッドマウントディスプレイはビデオ・シー

・スルー型である。ビデオ・シー・スルー型ヘッドマウントディスプレイは、カメラが撮影した現実世界の映像を画像として観察者に提示するものであるから、光学的シー・スルー型に比して位置ずれが、原理的に少なく、世界座標系とのキャリブレーションを行わなくとも、実質的に問題とはならない程度に抑えられる。

【0016】本発明の好適な一態様である請求項4に拠れば、前記第1のセンサ手段は、頭部に装着され左右に離間したステレオカメラと、前記ステレオカメラが出力したステレオ画像データに基づいて、ステレオ視の手法により、前記提示位置の前記ステレオカメラの画像面上での三次元座標値を検出する手段とを具備することを特徴とする。

【0017】位置ずれを極小化するために、請求項5の複合現実感提示システムのように、更に、前記観察者の視点位置を世界座標系に従って検出する第2のセンサ手段を更に具備することも好ましい。仮想画像の提示位置は操作具によって指示される。そこで、本発明の好適な一態様である請求項6に拠れば、その操作具は前記センサ手段のセンス範囲内におかれ観察者により操作される。

【0018】操作具を用いて提示位置を指示するには、観察者が、その位置が所望の位置であることをシステムに知らせることが必要である。そこで、本発明の好適な一態様である請求項7に拠れば、前記操作具には、前記観察者により操作され、観察者により所定のイベントタイミング信号を出力するスイッチが設けられたことを特徴とする。

【0019】本発明の好適な一態様である請求項8に拠れば、前記操作具は、その端部に設けられた少なくとも1つのマーカを有する。マーカの位置を前記センサ手段が検出することをもって提示位置とする。本発明の好適な一態様である請求項9に拠れば、前記マーカは1つ設けられ、前記センサ手段は前記提示位置の三次元座標位置を出力する。

【0020】本発明の好適な一態様である請求項10に拠れば、前記マーカは2つ設けられ、前記センサ手段は前記提示位置の三次元座標位置と方向とを出力する。本発明の好適な一態様である請求項11に拠れば、前記マーカは3つ設けられ、前記センサ手段は前記提示位置を通る平面座標を出力する。本発明の好適な一態様である請求項12に拠れば、前記マーカは、異なる色を付された複数のマーカを有することを特徴とする。異なるマーカには異なる色を与えることにより、マーカ間の識別性が向上する。

【0021】本発明の好適な一態様である請求項13に拠れば、前記マーカは、異なる色を付された複数のマーカと同じ色を付された少なくとも1つのマーカとを有する。この場合には、観察者の動作に拘束条件が課せられる。本発明の好適な一態様である請求項14に拠れば、

前記マーカは異なる色を発光する発光手段を有する。

【0022】提示位置を指示する操作具は複数あっても良い。提示位置を同時に複数、さらには、階層的にあるいは互いに関連させ合って指示できるからである。そこで、本発明の好適な一態様である請求項15に拠れば、前記センサ手段のセンス範囲内におかれ観察者により操作される複数の操作具を有する。例えば、1つの操作具により指示した提示位置に複数のグラフィック・ユーザ・インタフェースの仮想画像を提示し、その内の1つの仮想のグラフィック・ユーザ・インタフェースをもう1つの操作具により指示することができる。

【0023】マーカは常にセンサ手段によって計測可能な状態にあるとは限らない。観察者は自由に動くからである。そこで、本発明の好適な一態様である請求項16に拠れば、前記操作具に更に位置センサとしての磁気センサが設けられている。これにより、磁気センサ出力に基づいた世界座標系に従った位置情報が得られ、マーカ情報を利用できない場合でも補完することができる。

【0024】上記課題は請求項17のような複合現実感提示方法を提供することによっても達成できる。また、上記課題は、仮想空間と現実空間を融合して観察者に提示するプログラムを記憶するコンピュータ可読記憶媒体によっても達成できる。そのようなコンピュータ可読記憶媒体は、請求項18のように、観察者の視点位置の近傍に設けられたセンサを用いて、仮想画像を提示すべき提示位置の三次元座標値を、この視点位置に関連した座標系に従って検出するプログラムコードと、前記観察者の視点位置を基準にして前記センサによって検出された提示位置に、仮想画像を前記観察者に提示するプログラムコードとを記憶する。

【0025】本発明の他の目的は、複合現実感の提示の他に、マン・マシンインタフェースを提供することでもある。そこで、請求項19の、ユーザにより操作される操作具を介して仮想画像を提示すべき提示位置を複合現実感提示システムに入力するマン・マシンインタフェースは、観察者の視点位置の近傍に設けられ、前記操作具を撮像視野内に含む撮像手段と、前記撮像手段が得た画像データに基づいて、前記操作具の所定部位の三次元座標値を、前記観察者の視点位置に関連した座標系に従った三次元座標値に変換する変換手段と、変換された前記所定部位の三次元座標値を、観察者の指示した仮想画像提示位置として、前記複合現実感提示システムに出力する出力手段とを具備することを特徴とする。

【0026】このユーザインタフェースは、操作具の所定部位を観察者所望の指示位置に向ければ、この指示位置が仮想画像の提示位置となるように複合現実感提示システムに指示する。本発明のユーザインタフェースは、また、ユーザ指示入力を複合現実感提示システムに入力する道具として有用である。

【0027】この目的のために、請求項21のように、

ユーザにより操作される操作具を介して複合現実感提示システムにユーザ指示を入力するマン・マシンインタフェースであって、観察者の視点位置の近傍に設けられ、前記操作具を撮像視野内に含む撮像手段と、前記撮像手段が得た画像データに基づいて、前記操作具の所定部位の三次元座標値を、前記観察者の視点位置に関連した座標系に従った三次元座標値に変換する変換手段と、変換された前記所定部位の三次元座標値をユーザ指示入力として、前記複合現実感提示システムに出力する出力手段とを具備することを特徴とするマン・マシンインタフェース装置が提供される。

【0028】ユーザ指示としては、仮想画像として表示されるアイコン等のうち、ユーザが選択したアイコンなどを複合現実感提示システムに入力する場合が考えられる。本発明のユーザインタフェースはマン・マシンインタフェース装置のみならず、マン・マシンインタフェース方法（請求項20、請求項22）によっても、あるいはコンピュータ可読の記録媒体（請求項23、24）によっても達成できる。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、本発明を適用した複合現実感提示システムの実施形態を図面を参照しながら詳細に説明する。

〈構成〉図6は本実施形態の原理的構成を説明する。

【0030】20は、頭部位置を検出するための磁気センサであって、従来の磁気センサと同じく例えばPolhemus社製のFastrakを用いている。21R、21Lは一对のビデオカメラであり、HMD22に装着されている。カメラ21Rは観察者の右側から観察者の前方外界を撮影し、カメラ21Lは観察者の左側から観察者の前方外界を撮影する。

【0031】30は指示器であり、図8のように、ユーザが把持する。指示器30はユーザが把持しやすいように棒状の形状を有し、その両端に夫々マーカとして機能させるためのLED30a、30bが設けられている。LED30a、30bは位置計測装置40により制御され、計測を行っている間は点灯している。尚、LED30a、30bの発光色は画像処理により識別可能となるように互いに異なる色の光を発する。

【0032】磁気センサ20の出力は位置計測装置40に入力され、装置40がこの出力信号に基づいて観察者の頭部の三次元座標位置を計測する。観察者は、指示器30で所望の指示位置を指し示す。このとき、観察者はその指示位置をイベントとしてシステムに知らせる必要がある場合には、指示器30の設けられたスイッチ31（図8）を押す。スイッチ31の出力はイベント信号として計算機50（図10）に入力される。

【0033】図10は、実施形態のMRシステムのデータ処理系統を説明する図である。図10において、ユーザの頭部に装着されたビデオカメラ21R、21Lはユ

ーザの前方外界の一对の左右画像を取得する。この左右画像の夫々には、指示器30の画像が含まれている。左右画像の夫々は、画像処理装置60R、60Lに入力され、ここで、指示器30の両端のLED30a、30bの画像が抽出される。

【0034】ビデオカメラ21R、21Lで観察された画像データは、それぞれ画像処理装置60R、60Lに送られる。画像処理装置60R、60Lでは、色成分の特性を利用しLED30a、30bの画像上の位置を検出する。この位置座標は計算機（例えば、SiliconGraphics社製の02システム）50に入力される。計算機50は、ステレオ視の方法により、LED30a、30bの三次元位置を計算する。

【0035】一方、頭部位置センサの出力は位置姿勢計測装置40に入力されて、前述したように、頭部の三次元位置と姿勢とが計測されて、その出力は同じく計算機50に入力される。計算機50は、位置姿勢計測装置40が計測した頭部位置を右目視点位置に変換し、この位置でのビューイング変換行列を演算する。この行列は画像生成装置70に送られる。画像生成装置は、このビューイング変換行列を用いて、右視点位置からのCG画像を生成する。また、このビューイング変換行列に、右視点位置を基準にした左視点位置の相対的移動変換を適用し、左視点に対応するビューイング変換行列を求め、これを用いて、左視点位置からのCG画像を生成する。このように生成した左右のCG画像をHMD22に表示してユーザに立体的な仮想画像を提示する。

【0036】図7の例では、計算機50は、計測された指示器の先端位置の三次元座標に基づき、カーソルもしくはアイコンの立体画像を生成し、HMD22に表示する。HMD22を見るユーザには、図7に示すように、立体のカーソルもしくはアイコンが61のように、指示器の先端位置に重畳して観察されることになる。

〈原理〉図11は、図6～図10に示された実施形態のMRシステムが、キャリブレーションを行わなくとも位置ずれを発生させない理由を説明する。

【0037】図中、 δ_1 は磁気センサ20の出力により測定されたユーザの頭部三次元位置の世界座標系に対する測定誤差を表す。 $\Delta\delta$ は、頭部位置に対するビデオカメラ位置の偏差を表す。また、 δ_2 は指示器30により測定された指示位置の測定誤差である。本実施形態の特徴は、図10のシステムで、計算機50は、位置センサ（磁気センサ20）の計測した位置を基準にして、CG図形を画像生成装置に発生せしめる点に特徴がある。すると、図11で、位置センサ出力が基準となるので、位置センサ出力と世界座標系との間の誤差 δ_1 は指示器が生成した指示位置に影響することが無い。換言すれば、指示位置の誤差は δ は、図11から明なように、 $\delta = \Delta\delta + \delta_2$ … (2) となり、 δ_1 の関与はない。CG画像の提示は、画像面

が基準となるので、従来のように、世界座標系を基準とする必要はなく、そのために、位置センサ20が計測した頭部位置（これがたとえ誤差 δ_1 を持つとも）を基準にした指示位置の三次元座標によるCG画像を発生させても、従来のように位置ずれを起こさないのである。

【0038】尚、カメラ位置と頭部位置との偏差 $\Delta\delta$ は、頭部位置と、頭部装着のカメラ位置とが固定関係にあるので、予めキャリブレーションすることができ、本MRシステムを稼働する度にリアルタイムでキャリブレーションが必要とされることはない。しかし、指示位置はリアルタイムで変化するので、 δ_1 については、カメラパラメータの調整（後述）によりキャリブレーションを行うこととする。換言すれば、本実施形態に依れば、従来では2工程のリアルタイムのキャリブレーションが必要であったのに対して、1工程だけですみ、システムの起動が簡潔となった。

【0039】また、本実施形態の手法を、ビデオSee-Through式のHMDに適用すれば、 δ_1 のキャリブレーションも不要となる。

（指示位置の測定処理）…実施形態

図12は、図10の計算機50における指示位置測定のための処理手順を示すフローチャートである。

【0040】ステップS10では、画像処理装置60を介してビデオカメラ21に対して、左右の画像を取得せしめる（図9のステップS1を併せて参照）。ステップS12では、画像処理装置60に、左右の画像の夫々において、左右のLED（以下、LEDをマーカと呼ぶ）の画像面での座標位置を抽出させる（図9のステップS2を併せて参照）。ステップS14では、左右画像中に認識された4つのマーカを互いに対応づける。この対応付けの結果、図13の実線で示されるような対応付け、あるいは破線で示されるような対応付けが得られるであろう。

【0041】ステップS16では4つのマーカの各々のベクトルを算出する。ステップS18では、ステレオ写真測量の手法（公知）により、1つのマーカの一对の対応点のベクトルの延長線の交点を求める。交点は、図14に示すように、左右のビデオカメラの夫々の投影中心から1つのマーカの左右画像面上での夫々の座標位置間での延長線の交点であり、その視点位置を基準にしたマーカの三次元位置を表す。

【0042】尚、ステップS18でステレオ写真測量の手法により得られたマーカの三次元位置はビデオカメラ21の視点位置を基準としているために、図11で説明したように、マーカの三次元位置は測定誤差 δ_1 を内包することになる。尚、また、一般に、2つのベクトルは必ずしも一点で交差するとは限らない。その場合は、図15に示すように、そのベクトル上の2つの線分が最も近接する2点（図15の例では100と101）を結ぶ線分の中点（図15の例では点102）を「交点」とす

る。

【0043】ステップS18の処理を左右のマーカについて行い、各マーカのカメラ視点位置を基準にした三次元位置 P_1 、 P_2 を求める。即ち、

$$P_1 = (x^c_1, y^c_1, z^c_1)$$

$$P_2 = (x^c_2, y^c_2, z^c_2)$$

であり、添え字のCはカメラ視点位置を基準にしたことを意味する。

【0044】ステップS20では、マーカの三次元位置 P_1 、 P_2 から、指示器30の位置姿勢を同定する。指示器30の位置姿勢を同定する手法（ステップS20）について、3種類の異なるマーカを用いた場合の夫々の原理を説明する。

2マーカの指示器

図16は、2つのマーカが設けられた指示器の例である。便宜上、ユーザが指示器30を筆記具のように把持した場合に、下側に位置するマーカを「先端マーカ」と呼び、位置をベクトル p_0 で示し、上側に位置するマーカを「後端マーカ」と呼び、位置をベクトル p_1 で示す。「先端マーカ」により目的位置を指示する。

【0045】「先端マーカ」と「後端マーカ」とが前述したように異なる色を付されて互いに識別できる場合には、目的の指示位置は、図17にも示すように、

位置座標： p_0

方向ベクトル： $p_0 - p_1$

として求めることができる。

【0046】尚、マーカの色を広義にとらえ、赤外領域の光を使用しても良い。また、両マーカの色が同じ場合には、ユーザに、後端マーカ p_1 の位置を常に、先端マーカ p_0 に比して、観察者により近い位置に置くように拘束する。このような拘束条件では、2つのマーカの識別墓のであるので、目的の指示位置は、色で識別できる場合と同じように、

位置座標： p_0

方向ベクトル： $p_0 - p_1$

として求めることができる。

【0047】3マーカの指示器

マーカの数3点の指示器を使う場合について説明する。このような指示器の例として、図18の指示器200がある。3つのマーカの位置を、 p_0 、 p_1 、 p_2 と表す。3つのマーカの色が全て異なる色である場合には、ユーザが指示器40を用いて指示した指示位置の位置は、次の式により定義される直交座標系 $u v w$ （併せて図20を参照）

$$w = p_1 - p_0$$

$$u = (p_0 - p_1) \times w \quad \dots (3)$$

$$v = w \times u$$

の、原点位置（世界座標系 $x y z$ におけるベクトル p_0 の位置）

により、また、姿勢は、

ベクトル $p_0 - p_1$

により示される。

【0048】尚、3つのマークが全て同じ色である場合には、次のような拘束条件、

- ・先端マーク p_0 は常に観察者から最も遠いマークであるとする、且つ、
 - ・上端マーク p_2 は後端マーク p_1 より常に上にあるとする、
- を課すこととすれば、3つのマークの色が全て異なる場合についての上記位置 p_0 と姿勢 $p_0 - p_1$ と、同じよう

に得ることができる。

【0049】また、3つのマークの内の2つのマークが同じ色（例えば色A）で他のマークがこの2つのマークと異なる色（例えば色B）である場合には、次のような拘束条件、

- ・先端マーク p_0 の色がBの場合には、上端マーク p_2 は後端マーク p_1 より常に上にあるとする、または、
 - ・後端マーク p_1 の色がBの場合には、先端マーク p_0 は上端マーク p_2 より常に前方または下方にあるとする、または、
 - ・上端マーク p_2 の色がBの場合には、先端マーク p_0 は後端マーク p_1 より常に前方にあるとする、
- を課すこととすれば、3つのマークの色が全て異なる場合についての上記位置 p_0 と姿勢 $p_0 - p_1$ と、同じよう

【0050】タブレット型指示器

図21は指示器がタブレット型指示器300である場合を示す。このタブレット型指示器300には、原点マーク（ベクトル p_0 ）、右上マーク（ベクトル p_1 ）、左上マーク（ベクトル p_2 ）の3つのマークが設けられている。これらのマーク位置は世界座標系では図22のようになる。

【0051】原点マーク、右上マーク、左上マークの色が全て異なる色である場合には、ユーザが指示器300を用いて指示した指示位置の位置は、次の式により定義される直交座標系 $u v w$ （併せて図23を参照）

$$\begin{aligned} w &= p_0 - p_2 \\ u &= w \times (p_1 - p_0) \\ u &= v \times w \end{aligned} \quad \dots (4)$$

の、

原点位置（世界座標系 $x y z$ におけるベクトル p_0 の位置）

により、また、姿勢は、

ベクトル $p_0 - p_1$

により示される。

【0052】尚、3つのマークが全て同じ色である場合には、次のような拘束条件、

- ・先端マーク p_0 は常に観察者から最も近いマークであるとする、且つ、
- ・左上マーク p_2 は右上マーク p_1 より常に左にあるとす

る、

を課すこととすれば、3つのマークの色が全て異なる場合についての上記位置 p_0 と姿勢 $p_0 - p_1$ と、同じように得ることができる。

【0053】

【実施例】以下に、本発明の実施例について説明する

【実施例1】実施例1のMRシステムは、光学的See-Through型HMDを装着したユーザによる頭部CT(Computer Tomography)の切断面の指示に本発明を適用したものである。

【0054】図24は、実施例1のCTの対象となる頭部模型を示す。この頭部模型は外形が人体頭部に似ており、人体頭部のCTデータは不図示のコンピュータ装置に前もって格納されている。ユーザは、図25に示した3点マーク型指示器200を用いて、CT切断位置と切断面を指示する。即ち、切断位置は指示器200の先端マーク位置により、また切断面は、3つのマークが形成する平面である。実際には、図26に示すように、所望の切断位置と切断面となるように指示器200を頭部模型に近づけ、所望位置に達した時点で、イベントスイッチ201をオンする。

【0055】実施例1のMRシステムは、イベントスイッチ201が押された時点の先端マーク位置が指示する切断位置において、3つのマークが形成する平面に平行な平面を切断面とするCTデータをディスクから検索して、例えば実施形態の画像生成装置70にCT表示画像を生成させ、光学的See-Through型HMDに表示する。こうすると、ユーザには、人体模型の光学像に重ねられて、CT画像が重畳表示される。

【0056】図27に、実施例1の計算機に実施形態の計算機50を用いた場合に、計算機50の制御手順を示す。

【実施例2】実施例2は2つの指示器を用いた例である。図28において、ユーザは、タブレット型指示器300を左手で持ち、3マーク・スタイラス型指示器200を右手に持っている。タブレット型指示器300はマーク405、406、407を有し、3マーク・スタイラス型指示器200はマーク210、211、212を有する。2つの指示器は近接して使われるので、指示器間のマークが混同されないように、これらのマークは全て異なる色を有している。

【0057】実施例2のMR提示システムのアプリケーションプログラムは、タブレット型指示器300の面上に画像401、402、403、404が表示されているかのように、ユーザが装着する光学的See-Through型HMDに仮想のCG画像を送る。ユーザは、HMD内で投射されたこのCGを見ることにより、あたかも、タブレット面上において画像401、402、403、404が表示されているかのように知覚する。これは、マーク405、406、407により計算機50が指示器3

00の面の三次元位置及び姿勢を検出することができ、その位置に仮想画像が表示されているかのような立体感を持つように、左右の視差画像をHMDに出力するわけである。

【0058】タブレット型指示器300の面上では、仮想画像401は頭部の断層像を表し、仮想画像402、403、404は夫々仮想アイコンである。スタイラス型指示器200と計算機50のアプリケーションプログラムは、ユーザに仮想アイコンの選択のためのユーザインタフェースを提供する。即ち、ユーザがスタイラス型指示器200の先端を仮想アイコン404に近接させて、スイッチ201を押せば、プリント指令が選択されたと判断する。

【0059】次に、スタイラス型指示器200をCT断層像の仮想画像401上の任意の点408に近接させてスイッチ201を押せば、その位置408が拡大／縮小の対象としてユーザが選択したとアプリケーションプログラムは判断する。次に、ユーザが、スタイラス型指示器200を仮想アイコン402に近接させてスイッチ201を押せば、領域408の拡大表示をユーザが選択したと判断し、CTデータをディスクなどから検索して取り出し、そのCT画像の左右視差画像を生成してHMDに出力する。尚、仮想アイコン403を選択すれば縮小機能が選択される。

【0060】本発明の大きな効果として、キャリブレーションが1工程減ることが上げられる。実施例2のように2つの光学的指示器を用いると、1つの光学的指示器によりキャリブレーションが1工程減るのであるから、2つの磁気センサを用いる従来例の手法に比して都合2工程減ることとなり、その効果は大きい。

〈変形例〉本発明は上記実施形態及び実施例に限定されない。以下に変形例を提案する。

【0061】この変形例は、上記実施形態の手法と従来の手法とが併用されているMR提示システムである。この変形例では、従来例の手法（世界座標系を基準とする位置合わせを行う）を場合によっては用いるために、図29に示すように、磁気センサなどの位置センサ401を設けた指示器400を用いる。この指示器400は本実施形態の手法にも適用するために、両端にマーク402、403が設けられている。

【0062】ユーザが指示器400を用いて指示位置を示すために移動すると、常にマークがカメラ22によって捉えられるとは限らない。このような場合に備えて、指示器400に位置センサ401を設け、このセンサの出力信号を用いて従来の手法に従って指示器400の位置と姿勢を測定するのである。前述したように、マークが隠れてしまったときにのみ、位置センサ401の出力を用いて世界座標系に対する指示器400の位置姿勢を測定することにより、図30に示すように、従来手法のパスを介した測定が行われる。換言すれば、この変形例

に依れば、ユーザの行動範囲は格段に広がり、拘束条件が緩和される。

【0063】〈その他の変形例〉

変形例1： マークの数は2個と3個に限定されない。測定される自由度が位置だけで良ければ、マークは1つだけでも原理的には指示器の位置を測定することができる。

変形例2： マークはLED等の発光タイプに限られない。例えば、蛍光テープや色の異なるテープでも良い。

変形例3： スタイラス型の指示器は、マークをスタイラスの先端に設けることは好ましくない。指示器に、例えばペンや医師用のメスを用いることがあるからである。この場合には、指示位置はスタイラスの先端でなされるので、その先端位置はマーク位置と異なる。そこで、図31に示すように、先端位置座標を、

【0064】

【数1】

$$P = P_{m0} + \Delta \ell \cdot \frac{P_{m0} - P_{m1}}{|P_{m0} - P_{m1}|}$$

【0065】に従って補正する。

【0066】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、発生する位置ずれは少なくして、キャリブレーションの回数を減らすことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 従来技術において、観察者が操作具（指示器）を介して指示位置を入力する様子を説明する図。

【図2】 従来技術において用いられ、本発明の一部実施例において用いられる磁気位置センサの動作原理を説明する図。

【図3】 従来技術において用いられ、本発明の一部実施例において用いられる指示器の構成ならびに動作原理を説明する図。

【図4】 従来技術において欠点（位置ずれ）の発生する原理を説明する図。

【図5】 従来技術において欠点（位置ずれ）の発生する原理を説明する図。

【図6】 実施形態の複合現実感提示システムの構成を説明する図。

【図7】 実施形態の複合現実感提示システムにおいて指示器がマン・マシーンインタフェース装置として機能することを説明する図。

【図8】 実施形態に用いられる指示器の操作方法を説明する図。

【図9】 実施形態システムにおいて、指示器に設けられたマークの位置を検出する手順を説明するフローチャート。

【図10】 実施形態のシステムの、データ処理系を説明するブロック図。

17

【図 1 1】 実施形態のシステムにおいて位置ずれの発生しない理由を説明する図。

【図 1 2】 実施形態のシステムに用いられる制御手順のフローチャート。

【図 1 3】 左右の 2 つの画像間におけるマーカの対応を説明する図。

【図 1 4】 実施形態において、マーカの三次元位置を検出する原理を説明する図。

【図 1 5】 マーカの三次元位置を検出する際に、直線が交叉しない場合におけるマーカ三次元位置決定の手法を説明する図。

【図 1 6】 実施形態のシステムに用いられる 2 マーカ型指示器（スタイラス型）の構造を説明する図。

【図 1 7】 図 1 6 の指示器を用いたときの指示位置及び姿勢を決定する原理を説明する図。

【図 1 8】 実施形態のシステムに用いられる 3 マーカ型指示器（スタイラス型）の構造を説明する図。

【図 1 9】 図 1 8 の指示器を用いたときの指示位置及び姿勢を決定する原理を説明する図。

【図 2 0】 図 1 8 の指示器を用いたときの指示位置及び姿勢を決定する原理を説明する図。

18

【図 2 1】 実施形態のシステムに用いられるタブレット型指示器の構造を説明する図。

【図 2 2】 図 2 1 の指示器を用いたときの指示位置及び姿勢を決定する原理を説明する図。

【図 2 3】 図 2 1 の指示器を用いたときの指示位置及び姿勢を決定する原理を説明する図。

【図 2 4】 本発明の具体的な適用携帯である実施例 1 に用いられる頭部模型を説明する図。

【図 2 5】 実施例 1 に用いられるスタイラス型指示器の構造を説明する図。

【図 2 6】 図 2 5 の指示器を図 2 4 の頭部模型の指示位置の決定に利用するときの様子を示す図。

【図 2 7】 実施例 1 の制御手順を説明するフローチャート。

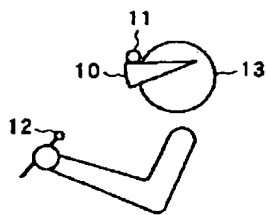
【図 2 8】 実施例 2 に用いられる 2 つの指示器（300, 200）の操作方法を説明する図。

【図 2 9】 本発明の他の実施形態に係る提示システムの構成を説明する図。

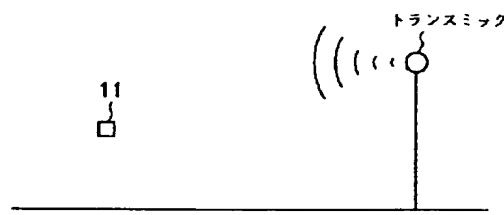
【図 3 0】 他の実施形態の原理を説明する図。

【図 3 1】 更に他の変形例において、指示器の先端位置の位置座標の補正原理を説明する図。

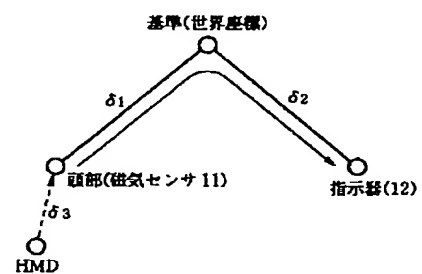
【図 1】



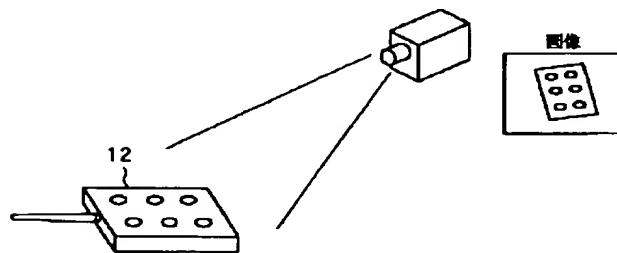
【図 2】



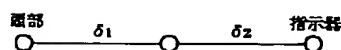
【図 4】



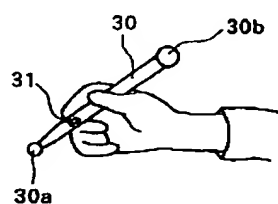
【図 3】



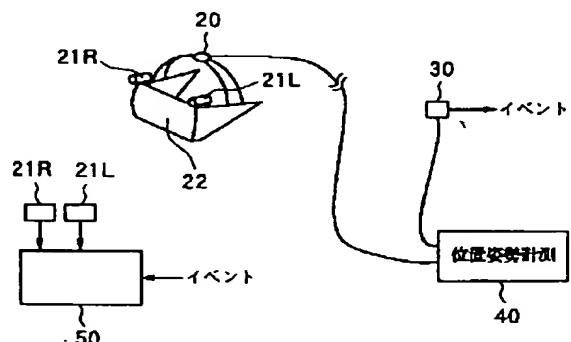
【図 5】



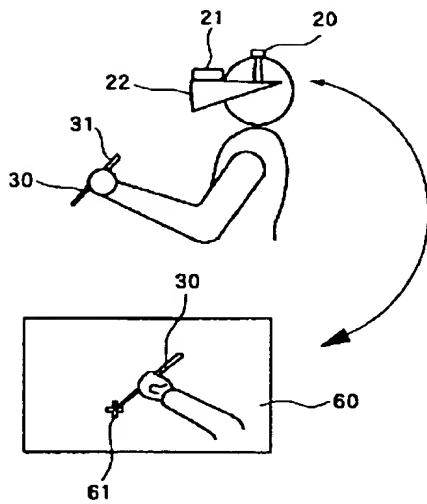
【図 8】



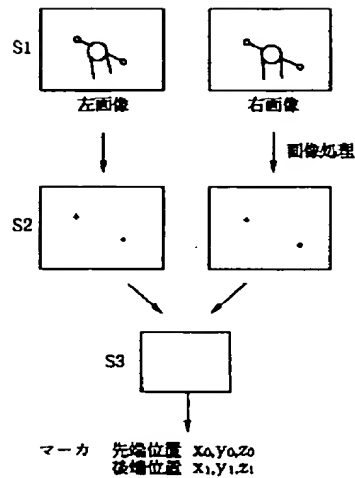
【図 6】



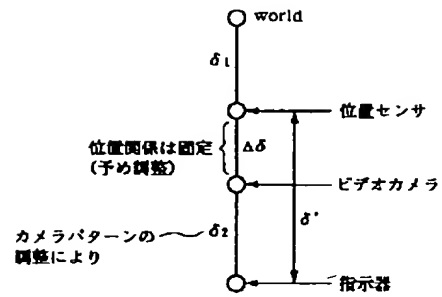
【図 7】



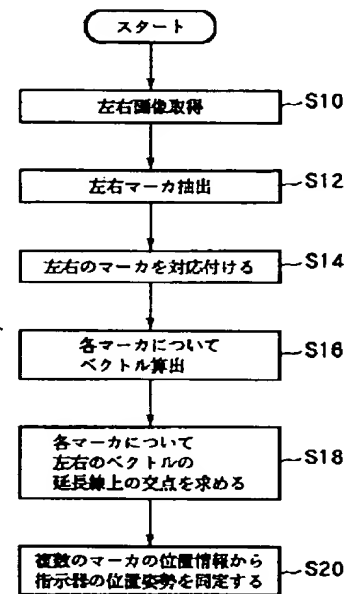
【図 9】



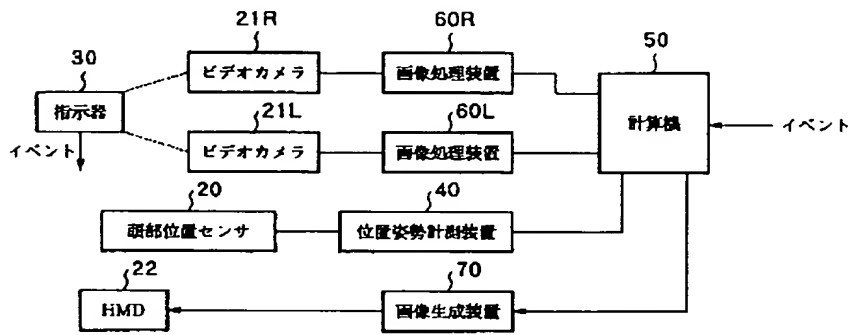
【図 11】



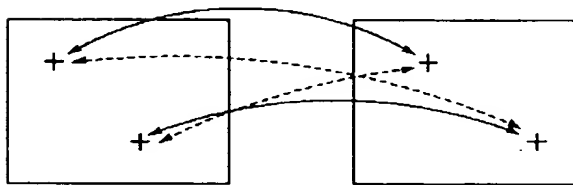
【図 12】



【図 10】

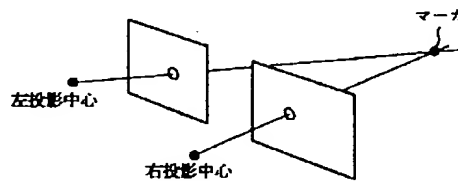


【図 13】

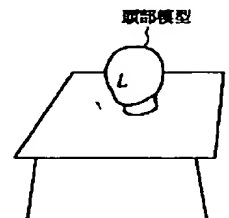


【図 15】

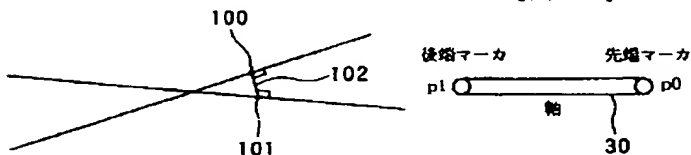
【図 14】



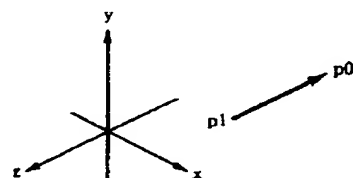
【図 24】



【図 16】

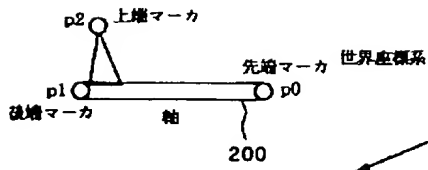


【図 17】

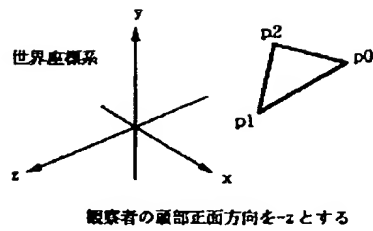


観察者の頭部正面方向を z とする

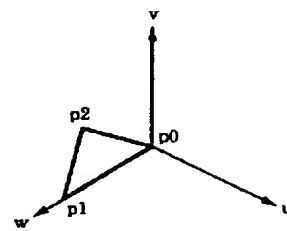
【図18】



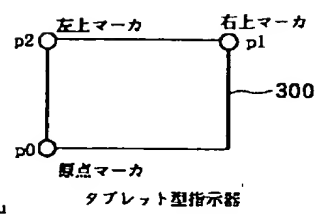
【図19】



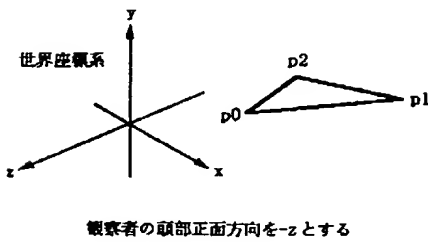
【図20】



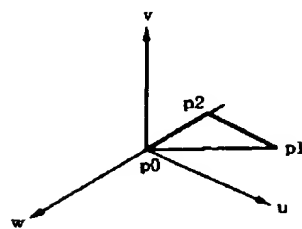
【図21】



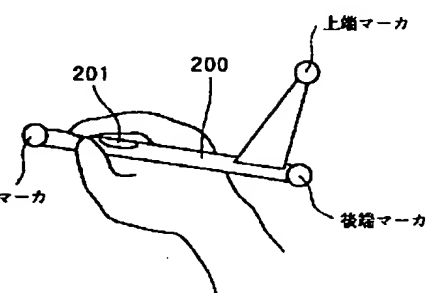
【図22】



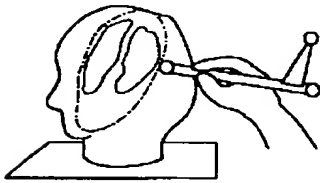
【図23】



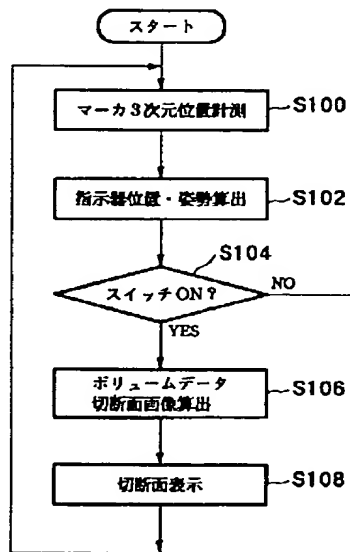
【図25】



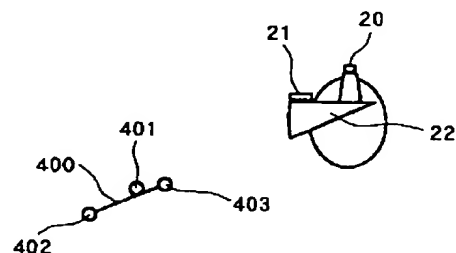
【図26】



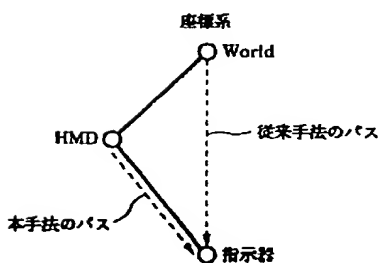
【図27】



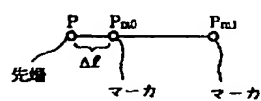
【図29】



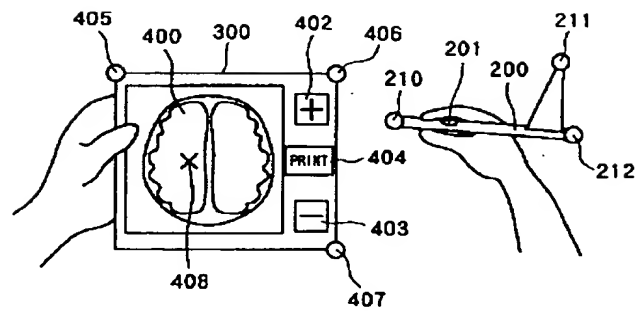
【図30】



【図31】



【図 28】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5B050 BA04 BA11 CA07 DA04 EA07
 EA19 EA27 EA28 FA02 FA06
 FA08 FA09
 5B087 AA07 AE00 BC05 BC12 BC13
 BC16 BC17 BC32 BC34 DD03
 DH04 DJ03
 5C061 AA01 AA29 AB11 AB12 AB16
 AB18 AB24